

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 1 6 3 3 4 8

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 6 月 10 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027				
G03F 7/207		H 9122-2H		
		7352-4M	H01L 21/30	311 L

審査請求 有 請求項の数 22 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平 3 - 7 8 7 3 1

(22) 出願日 平成 3 年 (1991) 3 月 5 日

(31) 優先権主張番号 9 0 0 0 5 0 3

(32) 優先日 1990 年 3 月 5 日

(33) 優先権主張国 オランダ (NL)

(71) 出願人 591086164

アーエスエム リソグラフィー ベスロー  
デン フェノートシャップ

ASM LITHOGRAPHY BES  
LOTEN VENNOOTSHAP

オランダ国 5503 ハーエヌ フェル  
ドホフェンメイエレイウエッハ 15

(72) 発明者 ステファン ウィットケック

オランダ国 5503 ハーエヌ フェル  
ドホフェンメイエレイウエッハ 15

(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外 5 名)

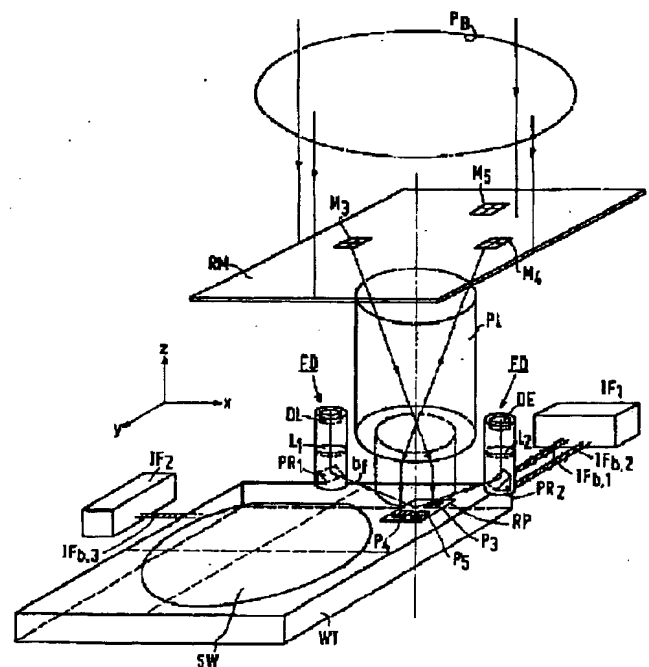
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板上にマスクパターンを投影する装置及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 映像位置と映像品質を迅速に決定し、映像品質を最良化する。

【構成】 調整装置及び焦点合わせ装置 FD、基板台位置決め装置 (IF) と同時に投影映像検出手段を具えたリソグラフィー投影装置等から構成され、全ての装置が共働する基準板 RP を介して異なる装置が一緒に結合されている。特別の方法で取り付けられている映像検出装置が基準板内の異なる格子印  $P_1, P_2, P_3$  の情報を同時に処理し、一方測定は急速且つ正確に実施でき、最良映像品質を得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影レンズシステムと投影ビームとによって基板台内に設けられた基板上へマスク台に設けられたマスクパターンを投影する方法であって、

- マスク台内にマスク基準印を有しているマスクを設ける工程と、
- 投影ビーム内に基準板を有している基準板を設ける工程と、
- 投影ビームと投影レンズシステムとによって基準板の相当する印上のマスクの少なくとも一つの印の映像を投影する工程と、
- 放射線高感度映像検出用検出器によって照明された基準板の印からの投影放射線を検出する工程と、
- 検出信号を調整校正信号と倍率誤差信号とに電氣的に処理する工程と、
- 前記のそれぞれの信号によって調整装置を調節し、投影レンズシステムの倍率を設定する工程と、
- 投影ビームから基準板を除去し且つ投影ビーム内に製造基板を設ける工程、及び、
- 製造基板上の異なる位置に製造マスクを次々と反復して投影する工程と、を具えている基板上にマスクパターンを投影する方法において、

基板台位置検出装置と光学焦点誤差検出装置の信号とが映像検出装置の信号と同時に電氣的に処理されて、複数の映像検出検出器が各基準板印に対して用いられ、前記検出器は関連する基準板印からの放射線のみを受け取り、且つ映像検出装置の信号、基板台位置検出装置の信号、及び光学焦点誤差検出装置の信号も焦点誤差検出装置のための校正信号と映像品質に影響するパラメータの少なくとも一つが調節される少なくとも一つの制御信号とへ処理されることを特徴とする基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 2】 少なくとも 3 個の二次元格子印と、相当する数のアナログマスク印、及び基準板印当たり 4 個の映像検出検出器が利用されることを特徴とする請求項 1 記載の基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 3】 そこに一体化された格子印を有する個別の非常に安定な基準板が利用され、第 1 投影装置を測定し且つ設定した後に前記基準板が第 2 及び起こり得る次の投影装置を測定し且つ設定するために用いられることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 4】 投影ビームのためにパルス化された放射線源を利用する請求項 1 又は 3 記載の方法において、測定の間同期化パルスの系列が用いられ、各パルスがその放射線源を同時に点火し且つ基板台位置検出装置、映像検出装置、及び焦点誤差検出装置の信号をサンプリングすることを特徴とする基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 5】 投影ビームの波長も各パルスに対して測

定され、且つ他の測定信号と一緒に処理されることを特徴とする請求項 4 記載の基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 6】 製造基板の寸法を有し且つ少なくとも 3 個の格子印の複数の組を有する基準板が利用され、各組は投影レンズシステムの映像視野の寸法を有する範囲内に置かれていることを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の基板上にマスクパターンを投影する方法。

【請求項 7】 二次元格子の形態での少なくとも一つの基準印が一体化されている板基板を特徴とする、請求項 1 記載の方法に使用するように企図された基準板。

【請求項 8】 板基板が非常に安定な材料で作られ、且つ二次元格子の形態の少なくとも 3 個の基準印が該板基板に一体化されたことを特徴とする請求項 7 記載の基準板。

【請求項 9】 製造基板の寸法に相当する寸法と複数の二次元印の組とを特徴とし、各組は製造マスクパターンの一つの映像を受け取るように企てられている製造基板上の範囲に相当する基準板の個別の範囲内に存在している請求項 8 記載の基準板。

【請求項 10】 投影ビームを供給するための照明システム、マスク台、投影レンズ及び基板台を具え、且つ更に製造投影過程の間相互に対してマスクと基板とを調整し、且つ基板上にマスクパターンが映像される倍率を設定するために用いられる調整装置と倍率設定装置、及び製造投影過程に先立って、投影レンズシステムと投影ビームとによって形成されるマスク映像をチェックするために用いられる映像検出装置を具えた、基板上にマスクパターンを投影する装置であって、前記映像検出装置はマスクの相当する印の映像が上に形成される少なくとも一つの印を有する基準板と、少なくとも一つの基準板印から生じる投影放射線を電気信号に変換するための放射線高感度検出システムとを具えている基板上にマスクパターンを投影する装置において、

基準板印が二次元格子印により形成され、該二次元格子印の格子縞は Z 軸がこの投影レンズシステムの光軸と平行な座標のシステムの X 方向及び Y 方向に延在しており、各格子印に対して関連する格子印により偏向された放射線を受け取るために 4 個の放射線高感度検出器が存在し、且つ関連検出器上に関連格子印のみを投影するためのレンズシステムが各格子印と各付随する検出器との間に配置されていることを特徴とする基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項 11】 各基準板格子印が格子縞が第 1 の方向を有する 2 個の格子部分と、格子縞が第 1 の方向と垂直な第 2 の方向を有する 2 個の格子部分とを具えており、且つ 4 個の格子部分がその格子の中心の回りに対称的に置かれていることを特徴とする請求項 10 記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項 12】 各格子印の周期がその投影レンズシ

テムの分解能と実質的に等しいことを特徴とする請求項10又は11記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項13】 関連する格子印の放射線の最大量が付随する検出器により捕捉されるように、各格子印の格子パラメータが付随するレンズシステムの位置及び開口数に適用されることを特徴とする請求項10、11又は12記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項14】 基準板格子が位相格子であることを特徴とする請求項10、11、12又は13記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項15】 格子パラメータが投影ビームの二つの異なる波長に対して最良化されていることを特徴とする請求項10、11、12、13又は14記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項16】 365 nm及び248 nmの投影ビーム波長により用いるのに適する請求項15記載の装置において、格子溝幅と格子周期との間の比率が実質的に1/4であり、且つ格子周期がほぼ0.84  $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項15記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項17】 格子印が反射的であることを特徴とする請求項10～16のいずれか1項記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項18】 映像検出装置に付随する全部の検出器が、前記検出器に付随するレンズシステムと同時にその投影レンズシステムへ接続されている環状の保持器に固定されていることを特徴とする請求項17記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項19】 4個の検出器の異なるセットが投影レンズシステムの映像視野内の異なる範囲に付随し、前記範囲の中心はその映像視野の中心から異なる距離に置かれていることを特徴とする請求項10～18のいずれか1項記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項20】 投影放射線を検出器が非常に感じ易い放射線に変換するルミネッセント板により各検出器が先立たれることを特徴とする請求項10～19のいずれか1項記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項21】 基準板が製造基板台を介して相互に垂直な少なくとも二つの軸に沿った位置と前記軸の回りの回転とを検出するために位置検出装置へ結合され、且つ前記装置、映像検出装置、調整検出装置、及び焦点誤差検出装置の信号出力端子が下記のパラメータ

- 投影ビームの波長
- 投影レンズ保持器内の圧力
- 投影レンズシステムのレンズ素子間の相互距離
- 投影レンズ保持器の一つ又はそれ以上の区画内の媒体の構成
- 投影レンズ保持器内の温度
- 調整装置の零設定

- 焦点合わせ装置の零設定
- その投影レンズシステムの倍率

のうちの一つまたはそれ以上の修正のための制御信号を供給する電子信号処理装置の入力端子へ接続されていることを特徴とする請求項10～20のいずれか1項記載の基板上にマスクパターンを投影する装置。

【請求項22】 放射線源が短波パルス化されたレーザーにより形成され、投影ビーム波長測定装置を具えた請求項21記載の装置において、前記測定装置の出力端子が電子信号処理装置の入力端子へ接続されていることを特徴とする基板上にマスクパターンを投影する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、投影レンズシステムと投影ビームとによって基板台内に設けられた基板上へマスク台に設けられたマスクパターンを投影する方法であって、

- マスク台内にマスク基準印を有しているマスクを設ける工程と、
- 投影ビーム内に基準板を有している基準板を設ける工程と、
- 投影ビームと投影レンズシステムとによって基準板の相当する印上のマスクの少なくとも一つの印の映像を投影する工程と、
- 放射線高感度映像検出用検出器によって照明された基準板の印からの投影放射線を検出する工程と、
- 検出信号を調整校正信号と倍率誤差信号とに電氣的に処理する工程と、
- 前記のそれぞれの信号によって調整装置を調節し、投影レンズシステムの倍率を設定する工程と、
- 投影ビームから基準板を除去し且つ投影ビーム内に製造基板を設ける工程、及び、
- 製造基板上の異なる位置に製造マスクを次々と反復して投影する工程と、を具えている基板上にマスクパターンを投影する方法に関するものである。

【0002】本発明は特にまた、投影ビームを供給するための照明システム、マスク台、投影レンズ及び基板台を具え、且つ更に製造投影過程の間相互に対してマスクと基板とを調整し、且つ基板上にマスクパターンが映像される倍率を設定するために用いられる調整装置と倍率設定装置、及び製造投影過程に先立って、投影レンズシステムと投影ビームとによって形成されるマスク映像をチェックするために用いられる映像検出装置を具えた、基板上にマスクパターンを投影する装置であって、前記映像検出装置はマスクの相当する印の映像が上に形成される少なくとも一つの印を有する基準板と、少なくとも一つの基準板印から生じる投影放射線を電気信号に変換するための放射線高感度検出システムとを具えている基板上にマスクパターンを投影する装置にも関するものである。

## 【 0 0 0 3 】

【従来の技術】そのような方法と装置は米国特許第4504277号公報に記載されており、その公報は例えば一つの且つ同じ基板上の集積回路(IC)のパターンであるマスクパターンを反復し且つ縮小して映像するための装置に関するもので、一方そのマスクパターンと基板とは二つの連続する照明の間を、例えば基板平面とマスク平面とに平行な平面内で二つの互いに垂直な方向に沿って、相互に対して動かされる装置に関連している。

【 0 0 0 4 】集積回路は拡散技術とマスク技術とによって製造される。異なるマスクパターンを有する多数の製造マスクが、半導体基板(製造基板)上の一つの且つ同じ位置に連続的に投影される。同じ位置への連続する投影の間に製造基板は必要な物理的及び化学的变化を受けねばならない。この目的のために、基板が製造マスクパターンにより照明された後に装置から取り除かれねばならず、且つ基板が必要な処理工程を受けた後に第2の製造マスクパターンにより基板を照明するように同じ位置でその装置に再び取り付けられねばならず、以下同様であり、一方第2製造マスクパターンとそれに続く製造マスクパターンとの映像がその基板に対して正確に位置決めされることが保証されねばならない。

【 0 0 0 5 】拡散技術とマスク技術とは、マイクロメータの桁の詳細な寸法を有するその他の構造物、例えば一体化された光学システムの構造物あるいは強磁性磁区メモリの案内と検出パターン及び液晶表示パネルの構造物の製造にも用いられ得る。これらの構造物の製造においては、マスクパターンの映像は基板に対して非常に正確に調整もされねばならない。

【 0 0 0 6 】基板の表面の単位面積当たりの電子構成要素の数の多さと、結果としてのこれらの構成要素の小さい寸法とに関連して、段々と厳しい要求が集積回路が製造される精度に課せられている。連続的な製造マスクが製造基板上に映像される位置は、それ故にますます正確に確立されねばならない。より小さい細目が投影され得る投影レンズの焦点の小さい深さによって、もっと正確に焦点合わせすることができなくてはならない。

【 0 0 0 7 】製造基板に対するマスクパターンの映像の数十分の一マイクロメータ以内の非常に正確な必要な位置決め精度を実現できるために、投影装置は製造マスクパターンに対して製造基板を調整する装置を具えている。この装置については、製造基板に設けられた調整印が製造マスクに設けられた調整印上に映像される。基板調整印の映像がマスク調整印と正確に一致する場合には、製造基板は製造マスクパターンに対して正しく調整されている。製造マスク印上に製造基板印を映像するための主構成要素は製造マスクパターンが製造基板上にそれにより映像される投影レンズシステムによって構成されている。

【 0 0 0 8 】この投影レンズシステムは投影ビームの波

長に対して設計され、且つ光学的に修正されている。投影レンズシステムと同じ開口数で最小の可能な細目が投影できるように、この波長はできる限り小さくする。現在の投影装置では、この波長は例えば約 $0.7\mu\text{m}$ の線幅がそれにより投影できる $365\text{nm}$ である。調整ビーム即ち調整装置に用いられるビームは製造基板上のフォトレジストがそれに感じないような波長を有しているので、そのようなビームはその基板上に設けられたフォトレジストに変化を起こさせることができず、且つこのフォトレジストにより弱められない。この調整ビームは、例えば $633\text{nm}$ の波長を有するヘリウム-ネオンレーザービームである。この調整ビームの波長が投影レンズシステムに適用されなくてさえも、修正素子、例えばレンズが調整ビームのみの通路内に配設された場合には、製造マスクと製造基板との調整印は相互に対して十分に調整され得る。

【 0 0 0 9 】しかしながら、投影ビームと調整ビームとは異なる波長を有するので、例えば温度のような周囲パラメータの変化が投影ビームと調整ビームとによりそれぞれ形成される映像への異なる影響を有すると言う問題点が残る。従って、調整装置はこの装置に付随する調整印の充分な相互調整を検出できて、一方投影ビームによって形成されるマスク映像はその基板に対して不正確に位置決めされる。この調整装置により検出され得ない投影装置内の機械的ドリフトも起こり得る。それ故に例えば一日に一回又は数回周期的に普通の調整システムを校正することが必要である。

【 0 0 1 0 】この目的のために、米国特許第4540277号明細書による装置は、特に投影ビームにより形成される映像をチェックするための映像検出装置を具えている。この装置は基板台へ固定的に接続されている基準板を具えており、その基準板には4個の放射線伝達スリットが設けられ、且つそれはそのスリットの下に配設され、且つ基板台に設けられた4個の放射線高感度検出器を更に設けられる。投影装置の周期的検査のために、試験あるいは基準マスクがマスク台上に設けられ、そのマスクは基準板上の印に相当する印を有している。この板が基準マスクの下で且つ投影ビームの通路内で摺動されて、その後基準板の4個の印上に4個の基準マスク印の映像を形成するようにこのビームがスイッチオンされる。基準板印により伝達された放射線を受け取る4個の検出器がそのとき基準板に対する基準マスクの調整の程度をそれから得ることが出来る信号を供給する。基準板は普通の調整システムと共働する調整印も設けられているので、この映像検出システムによって検出された調整の程度が普通の調整装置により測定された調整の程度と一致するか一致しないかが確認され得る。このチェックの助けにより、前記の装置が校正され得る。

【 0 0 1 1 】米国特許第4540277号明細書は投影ビームにより形成される映像の倍率誤差もこの映像検出装置に

よって、マスク基準印の映像が同じ程度に基準板の印を覆うかどうかを確立することにより測定され得る。米国特許第4540277号による装置内の投影レンズシステムは、対象側あるいはマスク側において非遠心的 (non-telecentric) であるから、倍率誤差はマスクと投影レンズシステムとの間の距離を適用させることにより除去され得る。

【0012】既知の映像検出装置は、伝達において動作するので、基板台内に検出器を設けることが必要である。これらの検出器は特別の空間を必要とするので、基板台は一層大きく且つ重くなくてはならず、また測定の間に一層大きい距離にわたって動かされなくてはならない。これによってサーボ装置に対して付加的な問題点が生じ、且つ測定精度と設定精度とに負の影響を有する。

【0013】既知の映像検出装置の印は、二つの相互に垂直な (X-Y) 方向での測定を可能にするように、二次元的であり得るスリットから成っている。必要な位置決め精度を達成するために、このスリットは非常に狭くなくてはならず、且つ従って検出器上の放射線の量は小さくまた信号対雑音比は遺憾な点が多く、一方非常に厳格な要求がこのスリットの形状に課せられねばならない。

【0014】基準板の各印に対してはただ1個の検出器のみが存在するので、付随する基準格子印に関する基準板の各印に対するX及びY位置は二次元スリットを用いる場合でさえも個別には決定され得ない。

【0015】調整ビームと投影ビームとの異なる波長により、正しいとして調整ビームにより検出される調節は投影放射線における正しい調整に一致する必要がないと言う上述の問題点は、表面単位面積当たりにより多くの電子構成要素を基板上に設けられねばならぬので一層大きくなる。これらの構成要素はこのときなお小さい寸法を有さねばならず、且つ細部あるいは線幅が1マイクロメートルより相当小さい映像を反復的方法で作得する投影装置が必要である。これは投影レンズシステムの分解能が増大されねばならぬことを意味する。既知のように、この分解能は $NA/\lambda$ に比例しており、ここでNAは投影レンズシステムの開口数であり、 $\lambda$ は投影ビームの波長である。開口数はすでにかなり高く、例えば既知の投影レンズシステムに対して $NA=0.48$ である。

【0016】もう一つの重要な要素は、できる限り大きくなくてはならぬレンズシステムの焦点の深さが $\lambda/NA^2$ に比例するので、開口数の増大が波長の減少よりも焦点の深さに対して有害であることである。

【0017】実質的に、必要な焦点の深さにより大体 $0.4 \mu m$ の細部を有する必要な映像を実現するために残された唯一の可能性は、これまで普通であった波長よりもかなり小さい波長を有する投影ビームを利用することである。そのような短波ビームによって基板上にマスクパターンを投影することを可能にするために、石英のレンズ素子が用いられなくてはならない。石英は非常に分散

性であるから、使用される放射線は非常に狭い波長帯域幅を有さねばならない。それ故に、狭い波長帯域幅内で大きい出力を放射する放射線源が用いられねばならない。このとき実際の可能性はエキシマーレーザー、例えば248 nmの波長を有する弗化クリプトンレーザー、193 nmの波長を有する弗化アルゴンレーザー、あるいは周波数が4倍され且つ256 nmの波長を有するネオジム-イットリウム-アルミニウム-ガーネット (Nd-YAG) レーザーの使用である。波長が調整ビームの波長の大体2.5 ~ 3.2倍の波長である投影ビームがこのとき用いられなくてはならない。

【0018】細部の前記小さい寸法を有する映像を形成する場合に、米国特許4540277号明細書に記載された問題点、即ち、調節、映像回転、倍率誤差及びアナモルフィック映像誤差が大きくなるばかりでなく、主として投影レンズシステムの映像品質に関係する新しい問題点も発生する。

【0019】投影レンズシステムの分野では大体 $0.4 \mu m$ の線幅が大体25nmの映像視野内に投影され得る投影レンズシステムを作ることをする大躍進があったとはいえ、これらの投影レンズシステムは空気圧及び温度のような周囲パラメータの変動に非常に感じ易い。レンズ材料の高分散により、投影ビームの波長の変化が映像品質即ちこのビームにより形成される映像の位置と品質に影響する。三次歪みと映像非点収差及び映像分野の曲率についての問題点が投影装置に生じ得る。新奇の時代の非常に高い分解能と比較的大きい映像視野とを有する投影レンズシステムは、非常に小さい焦点の深さを有するので、特に投影レンズシステムの大きい波長依存から生じる焦点合わせ誤差の影響は増大する。これらの誤差は非常に正確に検出されねばならず、それで焦点誤差検出装置も周期的に校正することが必要となる。さらにその上、映像細部が一層小さくなるので機械的ドリフトの影響が増大する。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、一方では測定されねばならぬパラメータの数が少ししかない映像検出装置及び方法が単純化され得て、他方では決定されるべき映像品質と映像位置とに影響する全てのパラメータを非常に急速に決定することを可能にするばかりでなく、映像位置それ自身と映像品質それ自身とを非常に急速に決定することを可能にする映像検出方法及び装置が実現され得る映像検出に対する新奇な概念を提供することを目的としており、それによって映像品質の最良化と同時にその映像位置が制御されるサーボシステムの校正が急速に実現され得る。

【0021】

【課題を解決するための手段】この目的のために、本発明による方法は、基板台位置検出装置と光学焦点誤差検出装置の信号とが映像検出装置の信号と同時に電氣的に

処理されて、複数の映像検出検出器が各基準板印に対して用いられ、前記検出器は関連する基準板印からの放射線のみを受け取り、且つ映像検出装置の信号、基板台位置検出装置の信号、及び光学焦点誤差検出装置の信号も焦点誤差検出装置のための校正信号と映像品質に影響するパラメータの少なくとも一つが調節される少なくとも一つの制御信号とへ処理されることを特徴とする。

【0022】前記のパラメータは、

- 投影ビームの波長、
- 投影レンズシステム内のガス圧力、
- 投影レンズ内の温度、
- 投影レンズシステム内の一つ又はそれ以上の区画内の媒体の構成、
- 投影レンズシステム内のレンズ素子間の相互距離、
- 調整装置の零設定、
- 焦点合わせ装置の零設定、

である。

【0023】各基準板印に対して複数の検出器を用いることにより、もっと、且つ独立に、サーボ情報を得ることができる。映像検出検出器の信号に対する基準は基板台位置情報を同時に処理することにより得られる。

【0024】本発明は、投影品質を決定する全てではない個別のパラメータが正確に知らなければならないが、全体としての映像品質と映像位置とが知らねばならず、且つこの品質と位置誤差との測定された劣化の場合にはコンピュータ内でその測定信号が同時に処理されねばならないことの認識に基づいており、且つモデルを介して一つ又はそれ以上の装置パラメータを修正するための制御信号を形成するために全てのパラメータとそれらの相互関係を具えているので、その映像は必要な品質と位置とを得る。

【0025】普通の調整装置、焦点合わせ装置及び基板台位置検出装置は、全ての関連パラメータが測定され得る一体化された測定システムが得られるように、映像検出装置を介して一緒に結合されている。

【0026】SPIE学会誌のVol. 633のOptical Microlithography V 1986 の106 ~112 頁に掲載されたT.A. Brunnerによる論文"Characterization and Set-up Techniques for a 5X Stepper" は上に複数の蛍光帯が設けられた基準板を具えているいわゆる走査スリット映像検出器を記載しており、その基準板は試験マスクの映像を走査するように投影装置の基板台上に設けられなければならない。この蛍光帯により放射された分散する散乱放射線が一つの検出器により受け取られる。既知の映像検出装置では、その投影レンズシステムの全体瞳からの放射線が比較的大きい検出器へ到達し得るので、測定信号の信号対雑音比は遺憾な点が多い。更にその上、不均一な散乱が起こり且つ1個だけの検出器が用いられるので、投影レンズシステムの瞳内での映像検出装置を介する実効測定は非対称となり得る。既知の映像検出装置では、非

干渉検出方法が用いられる。本発明による映像検出装置では、検出と実質的にコヒーレントなので、改善された位相検出が得られる。先の"SPIE" Vol. 633(1986)106 ~112 頁による映像検出装置では、基板台位置検出装置信号が利用されていないので、基準板は投影ビームにより形成された全体映像にわたって小さい段階で動かされなければならない。更にその上、前述の刊行物は、投影品質と映像位置との両方又はいずれか一方を修正するために、その映像検出装置の情報が用いられるかどうか及び如何にして用いられるかは示されていない。

【0027】この方法の最も単純な実施例では、二次元の格子と4個の放射線高感度検出器との形態で一つの基準板印が利用されている。マスク印の映像と同時にこの映像内の非点収差の互いに垂直な三つの軸に沿う位置がこのとき検出され得る。二次元の格子の形態での一つだけのマスク印がこのとき用いられる。この格子印は基板上の投影されるべきマスクパターンの外側の製造マスク内に設けられ得るので、個別の基準マスクを用いる必要はない。

【0028】X、Y及びZ位置と非点収差、倍率誤差及び投影ビーム映像の三次歪みと同時に、できる限り投影ビーム映像の傾斜をもっと正確に測定できるようにするために、本発明による方法は好適に、少なくとも3個の二次元格子印と、相当する数のアナログマスク印、及び基準板印当たり4個の映像検出検出器が利用されることを特徴とする。

【0029】三つの互いに垂直な軸に沿った位置、同じ軸についての回転についての情報と同時に倍率についての情報、三つのマスク印の映像の非点収差と三次歪みについての情報をこのとき同時に得ることができる。三つの印の情報が同時に処理されるので、映像検出過程は相当低減され得る。

【0030】三次歪みはいわゆる放射状歪み、即ち放射方向に測定された映像視野の中心での倍率と映像視野の他の点での倍率との間の差である。

【0031】この三つのマスク印は基準マスク内か又は製造基板上に投影されなくてはならぬマスクパターンの外側の製造マスク内に再び設けられてもよい。

【0032】本発明による方法は好適に更に、そこに一体化された格子印を有する個別の非常に安定な基準板が利用され、第1投影装置を測定し且つ設定した後に前記基準板が第2及び起こり得る次の投影装置を測定し且つ設定するために用いられることを特徴とする。

【0033】複数の投影装置をそれらが同じ半導体基板を処理するために相互に接して用いられるような方法で相互に適用するために、複数の投影装置を測定し且つ設定するための映像検出装置に付随する基準板の使用は、"SPIE" 学会誌 Vol. 922:"Optical/Laser Microlithography" 1988 年の365 ~375 頁に掲載された T.A. Brunner による論文 "A Stepper Image Monitor for Precise

10

20

30

40

50

Set-up and Characterization" から本質的に既知であることは注意すべきである。この基準板は高度の間の範囲より相当狭く且つそれで基準マスクの映像が形成される入射する投影放射線を散乱させる線型の高度を具えている。散乱された光の少しの部分が単一の大きい検出器により受け取られる。この映像検出装置においても、"SPIE" 学会誌 Vol. 633 (1986), 106~112 頁による装置と同様に、不均一な散乱と投影レンズシステムの瞳内の非対称な測定との危険がある。この基準板でも投影放射線により形成される映像と交差する小さい段階で、再び動かされなくてはならず、且つ各段階の後に安定化が設定されるまで待ち時間が遵守されねばならず、それが測定時間消費を起こす。更にその上、映像品質と映像位置との両方又はいずれか一方を修正するために映像検出装置の情報が用いられたかどうか及びいかにして用いられるかは示されていない。

【0034】投影ビーム用のパルス化された放射線源を利用する本発明による方法は好適に更に、測定の間同期化パルスの系列が用いられ、各パルスがその放射線源を同時に点火し且つ基板台位置検出装置、映像検出装置、及び焦点誤差検出装置の信号をサンプリングすることを特徴とする。前記検出装置の不正確さはこのとき測定に影響しない。

【0035】パルス化されたエキシマーレーザーが放射線源として用いられる場合には、パルス間の波長は次のパルスと先行するパルスとの両方又はいずれか一方間の波長と異なってもよい。波長の小さい変動、例えば 1  $\mu\text{m}$  が、投影ビーム焦点の比較的大きい移動、例えば 130 nm を生じる。

【0036】そのような波長変動が考慮された本発明による方法は更に、投影ビームの波長も各パルスに対して測定され、且つ他の測定信号と一緒に処理されることを特徴とする。

【0037】測定信号の処理の間にそのとき修正され得る波長のみならず波長変動も考慮され得る。

【0038】原理的には、基準板の表面は投影レンズシステムの映像視野の寸法を有するのみを必要とする。特に個別の基準板の思想が用いられる方法は更に、製造基板の寸法を有し且つ少なくとも 3 個の格子印の複数の組を有する基準板が利用され、各組は投影レンズシステムの映像視野の寸法を有する範囲内に置かれていることを特徴とする。

【0039】この広範な基準板はこのとき、"SPIE" 学会誌 Vol. 1087 の 1989 年 2 月発行の "Integrated Circuit Memory and Process Control" に掲載された San Jose 米国による論文 "Matching Management of Multiple Wafer Steppers using a Stable Standard and a Matching Simulator" に記載されているように、投影装置に整合するように使用されるいわゆる標準あるいは校正基板 (holly wafer) の機能を満たし得る。この既知の標準基板は

上に複数の永久 (位相) 印が設けられている板を具えている。フォトレジスト層がこの板の上に設けられ、続いて標準マスクの印はこの永久印に隣接するこの層の上に投影される。この標準基板はそれから現像され、続いて使用された投影装置のパラメータが格子印を有する投影された印と比較することにより決定される。第 2 の及びその次の投影装置に対して、投影された印を有する層が除去されねばならず、新しいフォトレジスト層が設けられねばならず、その後で露出、現像及び比較の過程が反復される。異なる投影装置のパラメータはそのとき比較され得て、これらの装置が整合され得る。

【0040】製造基板の寸法と一致する寸法により、且つ二次元の印の複数の組により特徴付けられる本発明による拡大された基準板が用いられた場合には、各組は製造マスクパターン映像を受け取るように企図されている製造基板上の範囲に一致する基準板の個別の範囲内に存在しており、フォトレジスト層の付与、現像及び除去の工程がもはや必要ないので、その装置は相当急速に整合させられ得る。更にその上、測定の数、及び従って測定誤差の数が減少されるので、整合はもっと正確に達成され得る。

【0041】本発明は新奇な基準板にも関係するものである。この板は二次元格子の形態で少なくとも一つの基準印が一体化されている非常に安定な材料でできた板状の基板を特徴としている。

【0042】正方形あるいは紐状のような他の印と比較して、回折格子は格子の平均化が測定の間に起こると言う長所を有している。その結果、一つ又はそれ以上の格子線が欠けている場合、あるいは格子線が直線から離れている場合でさえも、正確な測定が可能であるので、これらの格子には精度の極端に厳しい要求を課する必要はない。特に、それらが映像検出装置に用いられる場合には、回折格子は入射する放射線を特定方向へ集中するので付随する検出器上への放射線の量が比較的大きくなり得ると言う長所を有している。これがその装置の中で基準板上に入射する放射線が所定の方向に回折される代わりに発散的に散乱される、前記の刊行物 "SPIE" 学会誌 Vol. 633, 1988 年の 106~112 頁及び "SPIE" 学会誌 Vol. 922, 1988 年の 365~375 頁に記載されている装置と比較して、信号対雑音比の大幅な増大となる。

【0043】この基準板は好適には更に、板基板が非常に安定な材料で作られ、且つ二次元格子の形態の少なくとも 3 個の基準印が該板基板に一体化されたことを特徴とする。

【0044】そのような基準板は映像視野の三つの点で同時に測定することの可能性を提供する。板印の相互位置は石英あるいはゼロデュア (Zerodur) のような非常に安定な板材料を使用することにより非常に安定になる。

【0045】この基準板は更に、製造基板の寸法に相当する寸法と複数の二次元印の組とを特徴とし、各組は製

10

20

30

40

50

造マスクパターンの一つの映像を受け取るように企てられている製造基板上の範囲に相当する基準板の個別の範囲内に存在してばよい。

【0046】この基準板は異なる投影装置を整合させるのに著しく適している。

【0047】本発明はこの方法を実行するために企図された新奇な投影装置に主として具体化される。冒頭部分に記載した装置と比較して、この装置は、基準板印が二次元格子印により形成され、該二次元格子印の格子縞はZ軸がこの投影レンズシステムの光軸と平行な座標のシステムのX方向及びY方向に延在しており、各格子印に対して関連する格子印により偏向された放射線を受け取るために4個の放射線高感度検出器が存在し、且つ関連検出器上に関連格子印のみを投影するためのレンズシステムが各格子印と各付随する検出器との間に配置されていることを特徴とする。

【0048】格子印が二次元であり、個別の検出器が各格子印の各寸法X及びYに対して存在しているから、そのような基準格子に付随する基準マスク印の映像のX及びY位置は個別に測定され得る。

【0049】格子印当りに4個の検出器を用いることにより、X及びY方向での位置についての情報がZ方向の位置から分離され得て、且つその上投影ビームの強度変動の影響が除去され得る。

【0050】各投影装置がその映像寸法が付随する検出器の放射線高感度表面と等しい付随する格子の映像を形成するので、この格子の環境からの放射線が検出器へ到達できないことが達成され、それが測定信号の信号対雑音比に対して好適である。

【0051】原理的には基準板内の格子印は二つの格子部分を含み得て、一方の格子部分の格子縞はX方向に延在しており、他方の格子部分の格子縞はY方向に延在している。しかしながら、この装置は好適に更に、各基準板格子印が格子縞が第1の方向を有する2個の格子部分と、格子縞が第1の方向と垂直な第2の方向を有する2個の格子部分とを含んでおり、且つ4個の格子部分がその格子の中心の回りに対称的に置かれていることを特徴とする。

【0052】X格子部分とY格子部分との両方が格子縞に対して45°の角度の線に関して鏡像対称に位置決めされているので、若し必要ならば、測定誤差に対して補償することが可能である。

【0053】本発明による装置の好適な一実施例は、各格子印の周期がその投影レンズシステムの分解能と実質的に等しいことを特徴とする。

【0054】投影レンズシステムの分解能、即ちこのシステムが個別に映像できるmm当たりの線の本数が製造マスク内の最小寸法により決定されるので、測定は細部寸法が製造マスクの細部寸法に対して可能な限り満足して一致する基準マスクにより行われることが実現される。

【0055】本発明による装置は更に、関連する格子印の放射線の最大量が付随する検出器により捕捉されるように、各格子印の格子パラメータが付随するレンズシステムの位置及び開口数に適用されることを特徴とし得る。

【0056】前記格子パラメータは、格子周期、格子縞幅と格子周期との間の比率、格子縞の深さあるいは高さ及び格子縞の形状である。

【0057】本発明の別の特有の特徴によると、基準板格子が位相格子である。これらの格子は一般に振幅格子より良好な効率を有する。更にその上、位相格子の形状は期待される対象への適用に対する一層の可能性を与える。

【0058】各基準板格子印からの付随する検出器への放射線の量は、例えば格子溝の傾斜の角度をそれらの傾斜が付随する検出器へ向かう放射線に向くような方法で選択することにより最大化され得る。

【0059】しかしながら、格子溝幅と格子周期との間の比率はこの目的を達成するために好適に適用される。

【0060】格子印のそのような適応が実現される投影装置は更に、格子パラメータが投影ビームの二つの異なる波長に対して最良化されていることを特徴としてもよい。

【0061】これらの波長が248 nmと365 nmとである場合には、投影装置は特に、格子溝幅と格子周期との間の比率が実質的に1/4であり、且つ格子周期がほぼ0.84  $\mu$ mであることを特徴とする。

【0062】そのような格子印について、365 nmの波長又は248 nmの波長を有する投影放射線は検出器上へ十分に集中され得て、一方異なる回折順位は勿論異なる波長に対して捕捉される。

【0063】本発明による装置は好適に更に、格子印が反射的であることを特徴とする。

【0064】本発明思想は原理的には伝達格子によっても実現され得るが、伝達格子の使用はより大きい基板台を必要とするので、なおさら反射格子は異なる投影装置を整合する可能性を与えるから、これまでは反射格子が好適である。

【0065】反射格子を使用している実施例は好適に更に、映像検出装置に付随する全部の検出器が、前記検出器に付随するレンズシステムと同時にその投影レンズシステムへ接続されている環状の保持器に固定されていることを特徴とする。

【0066】異なる検出器と投影システムとがこのとき、正確に作られた保持器内でそれらを位置決めすることにより既に調整され得る。

【0067】本発明による装置の好適な実施例は更に、4個の検出器の異なるセットが投影レンズシステムの映像視野内の異なる範囲に付随し、前記範囲の中心はその映像視野の中心から異なる距離に置かれていることを特



徴とする。

【0068】この条件が満たされた場合には、投影放射線によって形成された映像の三次歪みが基板台位置検出装置の影響を受けずに測定され得る。

【0069】紫外線放射線が用いられている投影装置は好適に更に、投影放射線を検出器が非常に感じ易い放射線に変換するルミネッセント板により各検出器が先立たれることを特徴とする。

【0070】このときは普通の検出器が用いられ得る。

【0071】投影装置は更に、基準板が製造基板台を介して相互に垂直な少なくとも二つの軸に沿った位置と前記軸の回りの回転とを検出するために位置検出装置へ結合され、且つ前記装置、映像検出装置、調整検出装置、及び焦点誤差検出装置の信号出力端子が下記のパラメータ

- 投影ビームの波長
- 投影レンズ保持器内の圧力
- 投影レンズシステムのレンズ素子間の相互距離
- 投影レンズ保持器の一つ又はそれ以上の区画内の媒体の構成
- 投影レンズ保持器内の温度
- 調整装置の零設定
- 焦点合わせ装置の零設定
- その投影レンズシステムの倍率

のうちの一つまたはそれ以上の修正のための制御信号を供給する電子信号処理装置の入力端子へ接続されていることを特徴とし得る。

【0072】短波パルス化されたレーザが放射線源として用いられ、且つパルス当たりの波長を測定するための投影ビーム波長測定装置が設けられているそのような投影装置は、波長測定装置の出力端子が電子信号処理装置の入力端子へ接続されていることを特徴としてもよい。

【0073】その結果、測定の瞬間における波長の大きさは測定信号が処理される場合に考慮され得る。

【0074】

【実施例】以下、本発明の実施例を添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0075】図1は基板上へマスクパターンを反復して投影するための装置の既知の態様を図式的に示している。この装置の主構成要素は、投影されるべきマスクパターンCが配設されている投影支柱と、そのマスクパターンCに関してそれにより基板が位置決めされ得る可動基板台WTとである。

【0076】この投影支柱は照明システムを組み込んでおり、その照明システムは、例えばレーザーLA、ビーム拡幅器E、投影ビームPB内の放射線の均一な分布を生じるインテグレータとも呼ばれる素子IN、及び集光レンズCOを具えている。投影ビームPBがマスクM内に存在するマスクパターンCを照明し、そのマスクはマスク台MT上に配設されている。

【0077】マスクパターンCを通過するビームPBは投影支柱内に配設され且つ図式的にのみ示されている投影レンズシステムPLを横切り、そのシステムが基板W上にそのパターンCの映像を形成する。この投影レンズシステムは、例えば倍率 $M=1/5$ 、開口数 $NA=0.84$ 、及び22mmの直径を有する回折制限された映像視野を有する。

【0078】基板Wは、例えば空気軸受内に支持される基板台WT上に配設されている。投影レンズシステムPLと基板台WTとは、下側では例えば花崗岩の基台盤BPにより閉じられ、上側ではマスク台MTにより閉じられているハウジングH0内に配設されている。

【0079】図1に示したように、マスクMAは二つの調整印 $M_1$ と $M_2$ とを有している。これらの印は好適には回折格子から成っているが、それらは代わりに印の周囲から光学的に区別される正方形あるいは紐状のような他の印により形成されてもよい。この調整印は好適には二次元的であり、即ち図1ではX及びY方向である相互に垂直な二つの方向にそれらは延在する。例えばパターンCの並んで配設された幾つかの映像が上に形成されねばならない半導体基板は、複数の調整印と、好適には二次元回折格子をも具え、その回折格子のうちの2個、 $P_1$ と $P_2$ とが図1に示されている。印 $P_1$ と $P_2$ とは製造基板W上のパターンCの映像が形成されねばならない範囲の外側に置かれている。好適には格子印 $P_1$ と $P_2$ とは位相格子の形態であり、格子印 $M_1$ と $M_2$ とは振幅格子の形態である。

【0080】図2は二つの同じ基板位相格子の一つの実施例を拡大して示している。このような格子は、4個の補助格子 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ 及び $P_{1,4}$ を具えてもよく、それらのうちの2個 $P_{1,1}$ と $P_{1,2}$ とはX方向の調整のために用いられ、他の2個の補助格子 $P_{1,3}$ と $P_{1,4}$ とはY方向の調整のために用いられる。2個の補助格子 $P_{1,1}$ と $P_{1,2}$ とは例えば16 $\mu\text{m}$ の格子周期を有しており、補助格子 $P_{1,3}$ と $P_{1,4}$ とは例えば17.6 $\mu\text{m}$ の格子周期を有している。各補助格子は例えば200 $\times$ 200 $\mu\text{m}$ の寸法を有してもよい。原理的には0.1 $\mu\text{m}$ より小さい調整精度がこの格子と適当な光学システムとにより達成され得る。調整装置の捕捉領域を増大するように異なる格子周期が選択される。

【0081】図3は製造基板に関して製造マスクを調整するために用いられる、この装置の光学的要素を示している。この装置は、投影レンズシステムPLの光軸AA'に関して対称的に置かれている二つの個別の同じ調整システムAS<sub>1</sub>とAS<sub>2</sub>とを具えてた二重調整検出システムを具えている。調整システムAS<sub>1</sub>はマスク調整印 $M_1$ に関連しており、調整システムAS<sub>2</sub>はマスク調整印 $M_2$ に関連している。二つの調整システムの相当している要素は同じ参照符号により表示され、システムAS<sub>1</sub>の符号にはシステムAS<sub>1</sub>の符号にダッシュを付して区別してある。

【0082】マスク印 $M_1$ と例えば基板印 $P_1$ との相対位置が決定される方法と同時に、このシステムAS<sub>1</sub>の構造を

以下に説明する。

【0083】調整システムAS<sub>1</sub>は放射線源1、例えば調整ビームbを放射するヘリウム-ネオンレーザを具えている。このビームはビーム分割器2により製造基板Wに向けて反射される。ビーム分割器は部分的透明鏡あるいは部分的透明プリズムであってもよいが、好適にはそれはλがこのビームbの波長であるλ/4板3により引き継がれる偏光高感度分割プリズムである。投影レンズシステムPLはビームbを基板W上に大体1mmの直径を有する小さい放射線点Vへ焦点を合わせる。この基板がそのビームの一部をビームb<sub>1</sub>としてマスクMAの方向に反射する。このビームb<sub>1</sub>は投影レンズシステムPLを通り、そのシステムがマスク上の放射線点Vを映像する。基板が照明装置内に配置される前に、基板はその装置に結合された予備調整装置、例えば欧州特許出願第0164165号に記載された装置内で予備調整されるので、放射線点Vは基板印P<sub>1</sub>上に置かれる。この印はこのときマスク印M<sub>1</sub>上にビームb<sub>1</sub>により映像される。投影レンズシステム倍率Mを考慮して、マスク印M<sub>1</sub>の寸法が基板印P<sub>1</sub>の寸法に適用されるので、二つの印が正しい方法で相互に位置決めされた場合には、基板印P<sub>1</sub>の映像がマスク印M<sub>1</sub>と正確に一致する。

【0084】ビームbとb<sub>1</sub>とはその基板Wへと基板Wからの通路上で放射線源1から来る直線偏光されたビームbの偏光の方向に45°の角度で延在するλ/4板3を2回通過する。このときλ/4板を通過するビームb<sub>1</sub>はビームbに対して90°回転される偏光の方向を有するので、このビームb<sub>1</sub>は偏光分割プリズム2を通過する。このλ/4板と組み合わせた偏光分割プリズムの使用は、調整ビームを調整システムの放射線通路内へ結合した場合に、最小放射線損失の利点を与える。

【0085】調整印M<sub>1</sub>を通過したビームb<sub>1</sub>はプリズム11により反射され且つ例えば別の反射プリズム12により放射線高感度検出器13の方へ向けられる。この検出器は、例えば図2による補助格子の数と一致する例えば4個の個別の放射線高感度範囲を有する混成フォトダイオードである。これらの検出器の出力信号は基板印P<sub>1</sub>の映像と印M<sub>1</sub>の一致の尺度である。これらの信号は電気的に処理され得て、駆動システム(図示せず)によって基板に対してマスクを移動するために用いることができるので、印P<sub>1</sub>の映像が印M<sub>1</sub>と一致する。従って、自動調整装置が得られる。

【0086】例えば部分的透明プリズムの形態でのビーム分割器14がプリズム11と検出器13との間に配設されてもよく、そのビーム分割器がビームb<sub>1</sub>の一部分をビームb<sub>2</sub>として分割する。分割ビームb<sub>2</sub>はそれから例えば二つのレンズ15と16とを介して、上に調節印P<sub>2</sub>とM<sub>2</sub>とが照明装置の運転者に見える監視装置(図示せず)へ結合されているテレビジョンカメラ17へ入射する。この運転者はそれから二つの印が一致しているかどうかを確認するこ

とができ、且つ必要な場合には、運転者はマニピュレータによって印を一致させるように基板Wを移動できる。

【0087】先に印M<sub>1</sub>とP<sub>1</sub>とに対して説明したのと同様に、印M<sub>1</sub>とP<sub>1</sub>と及び印M<sub>2</sub>とP<sub>2</sub>とがそれぞれ相互に関して調節され得る。調節システムAS<sub>1</sub>は二つの先に述べた印M<sub>1</sub>とP<sub>1</sub>と及び印M<sub>2</sub>とP<sub>2</sub>との調節のために用いられる。

【0088】調節システムによる調節過程の詳細に対しては、米国特許第4778275号公報が参照される。この特許にも述べられているように、調整システムAS<sub>1</sub>とAS<sub>2</sub>とは調整過程の間マスクに関する基板の移動を測定するための、極端に正確な二次元運動測定システムと非常に密接な作業関連性がある。調整印P<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>及びM<sub>1</sub>とM<sub>2</sub>の位置及びそれらの間の相互距離が、運動測定システムにより決定される座標のシステム内で決定され得る。図1ではIFにより表されている運動測定システムは、例えば米国特許第4251160号公報に記載された干渉計である。

【0089】投影レンズシステムPLは、必要な大きい分解能を考慮してできる限り小さくされなくてはならず、且つそれ故に調整ビームの波長とは相当異なり得る投影ビームPBの波長に対して設計されているから、互いの上に調整印P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>及びM<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を映像するためにこのシステムPLを使用する場合には偏差が生じ得る。このとき基板調整印P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>はマスク調整印が置かれているマスクパターンの平面内に映像されないで、そこから所定の距離に映像されて、その距離は投影ビームの波長と調整ビームの波長との間の差及び二つの波長に対する投影レンズ素子の材料の屈折率の間の差に依存する。投影ビームが例えば248nmの波長を有し、調整ビームが633nmの波長を有する場合には、この距離は2mと同じ大きさになり得る。更にその上、前記波長差によって、基板調整印が必要な倍率から逸脱した倍率でマスク調整印上に映像され、一方偏差は増大する波長差と共に増大する。

【0090】前記の偏差を修正するために、投影支柱PLに特別レンズ即ち修正レンズ25を組み込んでもよい。図3に示したものと比較して、調整ビームが投影レンズ上の位置で装置内へ結合されずに、レンズ保持器内の窓を通して且つこの修正レンズの下でまたその付近の楔のような反射要素により結合される。この修正レンズは投影支柱内で調整ビームの異なる回折順位の補助ビーム(その補助ビームは基板調整印により形成される)がこれらの補助ビームに個別に影響することができるよう修正レンズの平面内で十分に分割されるような高さに配設され、一方この修正レンズは投影ビームとそれにより形成されるマスク映像とは無視できる影響しか有しない。この修正レンズは好適に投影レンズの後部焦点平面内に置かれている。このシステムが基板側で遠中心的な場合には、この焦点平面はこのシステムの出口瞳の平面と一致する。図3に示したように、この修正レンズ25が調整ビームbとb<sub>1</sub>との主光線が互いに交差する平面24内に置かれた場合には、このレンズは二つの調整ビームを修正

するために同時に用いられ得る。

【0091】この修正レンズは、格子により第1順位で回折される補助ビームの方向を、これらのビームの主光線が互いにマスク調整印 $M_1$ の平面で交差するように変えるような力を有している。更にその上、修正レンズは第1順位補助ビームより大きい角度で印 $P_1$ により回折される一層高い順位の補助ビームがこのレンズを通過しないような小さい直径を有している。更に、この修正レンズを通過してくる零順位の補助ビーム $b(0)$ 、 $b'(0)$ を妨害する要素が補助レンズに配設されている。この要素は調整ビームを投影レンズシステム内へ結合するために用いられる前記楔の形態であってもよい。第1順位の補助ビームのみが格子 $M_1$ 上に格子 $P_1$ を映像するために用いられることが前記手段により達成されるので、幾らかの付加的利益を得られる。

【0092】零順位の補助ビームを抑制することにより、 $P_1$ の映像内のコントラストが相当増大され得る。第2及びより高い順位の補助ビームが抑制されるので、格子 $P_1$ 内の不規則性は調整信号になんらの影響をも有しない。第1順位の補助ビームのみを用いた場合、格子 $P_1$ の第2高調波はそれがあった通りに投影され、即ち投影レンズシステムPLの倍率Mから離れて、 $P_1$ の映像は格子 $P_1$ の周期の半分の周期を有する。格子 $M_1$ の格子周期が $P_1$ の映像の格子周期と等しい、即ち格子 $P_1$ の格子周期の $m/2$ 倍に等しいことが補償された場合には、格子 $M_1$ と $P_1$ とが調整される精度は完全なビーム $b$ が投影に対して用いられる場合の大きさの2倍となる。

【0093】マスク調整印 $M_1$ を基板調整印に対して調整するために用いられるこのシステム $AS_1$ を説明した後、マスク調整印 $M_1$ が基板調整印に対して調整されるシステム $AS_1$ はさらに説明される必要はない。システム $AS_1$ はシステム $AS_1$ と同じ要素を具えて同じ方法で動作する。図3にすでに示したように、システム $AS_1$ と $AS_1$ とは共通で修正レンズ25を有している。二重調整装置の代わりに、投影装置は例えば米国特許第4251160号明細書に記載されたような単一の調整装置を具えてもよい。

【0094】この投影装置は、製造基板上への製造マスクの反復的な映像の間に、この投影レンズシステムの映像平面と製造基板の平面との間の偏差を検出するための、焦点誤差検出装置を具えている焦点サーボ装置をも設けられている。そのような偏差が生じた場合には、焦点合わせは焦点誤差検出装置により、例えば投影レンズをその光軸に沿って動かすことにより供給される信号によって修正され得る。

【0095】この焦点誤差検出装置FDは図4に図式的に示されている。この図は映像検出装置の基準板RPと、例えば二つの部品IF<sub>1</sub>及びIF<sub>2</sub>とから成る基板台のための位置検出装置とをも示している。

【0096】焦点誤差検出装置FDは、放射線源、例えば焦点合わせビーム $b_1$ を供給するダイオードレーザーDL

と、この投影レンズシステムの光軸がこの板と交差する基準板RP上の点へ向けてこのビームを反射するプリズムPR<sub>1</sub>とを具えている。単純化のためにこのビームの主光線のみを示してある。ダイオードレーザーDLとプリズムPR<sub>1</sub>との間に配置されたレンズL<sub>1</sub>がこのビームを基準板上の放射線点へ焦点を合わせる。基準板により反射されたビーム $b_1$ は第2プリズムPR<sub>2</sub>により放射線高感度検出器DEへ向けて反射される。プリズムPR<sub>2</sub>と検出器との間のレンズL<sub>2</sub>が検出器DE上へ基準板上に形成された放射線点を映像する。z方向における投影レンズシステムと基準板との間の距離が変化する場合には、検出器DE上に形成される放射線点が検出器自身の平面内を動く。この検出器は位置高感度検出器であるか又は二つの個別の検出要素を具えているので、放射線点の移動及びそれに相当する焦点誤差が決定され得る。かくして得られた情報は、例えば図5に図式的に示した既知の平行四辺形構造によって基板台WTのZ位置を修正するために用いられ得る。焦点誤差検出装置の異なる要素は、例えばこの投影レンズシステムの保持器へ固定的に接続されている二つの円筒形の保持器内に配設される。

【0097】米国特許第4356392号明細書に記載されたように、焦点合わせビームが検出器上へ入射する前に基準板により二回反射されることを保証する反射器が検出器DEの位置に配設されてもよい。この焦点誤差検出装置の好適な実施例は、焦点誤差測定が基準板又は製造基板の傾きにより、あるいはこの基板の部分的反射の差により影響を受けないと言う利点を有する。

【0098】基板台のX及びY位置を非常に正確に決定するために、この投影装置は、例えば二つの部品から成る複合干渉計システムを具えている。部品IF<sub>1</sub>がY方向に基板台の反射性の側面へ、一つ又はそれ以上のビームを放射し、且つ反射されたビームを受け取りもする。この台のX位置はこれにより決定され得る。同様に、基板台のY位置が干渉計部品IF<sub>2</sub>によって検出され得る。この干渉計システムは米国特許第4251160号明細書に記載されたように実行されてもよく、且つそのときそのシステムは二つのビームにより動作する。このいわゆる2軸干渉計システムの代わりに米国特許第4737823号明細書に記載されたような3軸システム、あるいは多軸システムが用いられ得る。

【0099】調整印 $P_1$ と $P_2$ 及び $M_1$ と $M_2$ の位置とそれらの間の相互距離とは、基板台位置検出装置又は干渉計システムを用いることにより、干渉計システムにより限定される座標のシステムにおける調整の間に決定され得る。このとき投影装置の枠あるいはこの枠の構成要素を参照する必要はないので、例えば温度変動、機械的歪みなどによるこの枠内の変動は、この測定になんらの影響をも有しない。

【0100】より良い洞察のために、投影装置が図5に今回は断面図でもう一度示されている。照明システムは

図 1 とは少し異なる構造を有し、レーザー LA、例えば弗化クリプトンレーザー、レンズシステム L0、反射材 RE、及び集光レンズ C0 を具えている。照明システムは、それによりレーザー放射線の波長がチェックされ得る、図式的に示した既知のシステム LWC を具えている。このシステム LWC は、SPIE 学会誌 Vol. 1138 (1989) 121 頁他に掲載された論文 "Design Principles for an Illumination System using an Excimer Laser as a Light Source" に記載されている。

【0101】二重調整検出装置が、入射ビーム  $b$  と二つの出現調整ビーム  $b_1$  と  $b_1'$  によって及び修正レンズ 25、放射線高感度検出器 13、13、及びレンズ 22、22' により指示されている。米国特許第 4778275 号明細書に記載されているように、マスクが基板上に映像される倍率の誤差は、この二重調整検出装置によって決定され得る。この倍率誤差測定は、しかしながら、投影ビームの波長では実行されずに、調整ビームの波長で実行される。これらの波長の間に大きい差がある場合には、倍率誤差は映像検出装置によっても決定されなくてはならない。

【0102】図 5 は更にレンズ  $l_1$  と  $l_2$  及び左から入ってきて且つ製造基板又は基準板により最初に反射される焦点合わせビーム  $b_1$  をそれ自身に沿って反射する逆反射体 RR とを有する焦点誤差検出装置を示している。反射されたビーム  $b_1$  は部分的に透明なプリズム PR<sub>1</sub> により検出器 DE へ向けて反射される。

【0103】図 5 は映像検出装置の一部分、即ち基準板格子印に付随し且つ各々が投影レンズ  $l_1$ 、 $l_2$  及び検出器 DT<sub>1</sub>、DT<sub>2</sub> を具えている二つの検出システムをも示している。投影ビーム PB の部分を形成するビームの一部 PB<sub>1</sub> が、如何にマスクの一部、例えばマスク印が基準板上に映像されるかを指示する。

【0104】ビーム IF<sub>1</sub> がこの装置が基板台位置検出装置をも設けられていることを示している。

【0105】PS と TS とはそれぞれ圧力センサーと温度センサーとの参照符号である。

【0106】図 4 に示した基準板 RP はマスク台 WT の固定された部分であってもよい。好適には、この板はこの投影装置内に使用中はマスク台 WT へ動けないように接続され、且つ従って基板台位置検出装置へ結合されている個別の要素である。第 1 投影装置内で映像検出過程が完了した後に、この板は第 2 投影装置内でも映像検出過程を実行するためにこの装置内に設けられ得て、続いて第 3 投影装置で、以下同様である。かくして、同じ基準によって投影装置の全系列を設定し、且つ従ってそれらを非常に正確に揃えることが可能であり、その投影装置は、例えば毎回異なる製造マスクにより製造基板の系列の照明を連続的に実行するために用いられる。

【0107】この基準板は寸法が温度、湿度その他のような周囲パラメータにより実質的に影響されない石英あるいはガラスのような非常に安定な材料から作られてい

る。このとき板印の位置及び板印間の相互距離は変化しないことが保証される。

【0108】図 4 に示したように、基準板 RP は投影レンズシステムの映像視野より少しだけ大きい小さい表面を有してもよい。しかしながら、異なる投影装置を整合させるために用いられるいわゆる標準基板 (holly wafer) の特殊態様に対して基準板を延長することもその代わりに可能である。標準基板とのこの整合が達成される方法は、特に "SPIE" 学会誌 Vol. 1087 の 1989 年 2 月発行の San Jose 米国による論文 "Matching Management of Multiple Wafer Steppers using a Stable Standard and Matching Simulator" に記載されている。映像検出装置と広範な基準板とが用いられた場合には、異なる投影装置の相互整合は、フォトレジストを標準基板上に設け、このレジストを現像し且つ再び除去することが不必要であるから相当もつと急速に達成される。

【0109】図 4 は如何にして標準基板あるいは広範な基準板 SW が投影装置内に設けられ得るかを示している。図 6 は標準基板を平面図で示している。この基板はその幾つかのみが拡大した尺度で図 6 に示されている複数の範囲 SW<sub>1</sub> に分割されている。実際には標準基板上の範囲 SW<sub>1</sub> の数は、製造基板上に形成されなくてはならぬ集積回路 (IC) の数、例えば 27 と等しい。各範囲 SW<sub>1</sub> は基準板 RP 内の印と同様に 3 個の格子印  $P_1$ 、 $P_2$  及び  $P_3$  を具えている。標準基板は全体としてこの基板を調整するために幾つかの付加的印  $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_{11}$ 、 $P_{12}$ 、 $P_{13}$ 、 $P_{14}$  を具えてもよい。更に、X 及び Y 軸に沿う十文字内に配設された、基板台 WT の側面上の鏡の平面度を測定するために用いられる幾つかの印  $P_6$  が存在してもよい。

【0110】図 4 の実施例では、基準板 RP は、製造マスクの、あるいは映像検出過程の間に投影装置内に設けられる基準マスクの 3 個の印  $M_1$ 、 $M_2$  及び  $M_3$  に相当する 3 個の印  $P_1$ 、 $P_2$  及び  $P_3$  を有する。この過程の間に投影ビーム PB はスイッチオンされ、そのビームが基準マスクを照明する。このマスクは投影レンズシステム PL により、その寸法が製造照明過程の次の工程内で照明される製造基板の部分の寸法と一致する基準板部分 (図 6 では SW<sub>1</sub>) 上へ映像さる。印  $M_1$ 、 $M_2$  及び  $M_3$  はそれぞれ印  $P_1$ 、 $P_2$  及び  $P_3$  上へ映像される。

【0111】本発明によると、印  $P_1$ 、 $P_2$  及び  $P_3$  は位相格子であり、印  $M_1$ 、 $M_2$  及び  $M_3$  は振幅格子であって、一方では格子  $M_1$ 、 $M_2$  及び  $M_3$  の格子周期と他方では格子  $P_1$ 、 $P_2$  及び  $P_3$  の格子周期との間の比率は投影レンズシステムの倍率、例えば 1/5 に等しい。

【0112】図 7 a は基準板格子  $P_1$  の一つを平面図で示している。原理的には、この格子はその格子縞が X 方向と Y 方向とにそれぞれ延在する二つの部分を含んでいる。基準マスク内の相当する格子  $M_1$  は勿論同じ形状を有している。格子  $P_1$  と  $M_1$  とは好適に、格子  $P_1$  の中心 CE の回りに対称に置かれている、格子  $P_1$  に対する 4 個の格子部

分 $P_{1,1}$ ,  $P_{1,2}$ ,  $P_{1,3}$ 及び $P_{1,4}$ を具えている。若し必要な場合には、測定誤差がこれにより最小化され得る。

【0113】図7bは格子縞GS及び中間縞GSIを有する格子部分 $P_{1,1}$ の一部を断面図で示している。この格子は周期 $P_1$ を有している。格子縞の多価さ $h$ は好適には $\lambda/4$ であり、ここで $\lambda$ は格子映像内の最大コントラストを得るように、投影ビームの波長である。二つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ に対して適する格子印に対しては、多価さ $h$ が $1/4\lambda_1$ と $1/4\lambda_2$ との間の値を有する。格子 $P_1$ と $P_2$ とは、図7a及び7bに示したのと同じ形状、及び格子 $P_1$ と同じ格子周期、格子縞幅及び格子縞高さを有している。

【0114】格子 $P_1$ ,  $P_2$ 及び $P_3$ 上へ入射する投影ビームの部分はマスク格子 $M_1$ ,  $M_2$ 及び $M_3$ により幾つかの回折順位へ既に分割される。入れ代わって反射格子 $P_1$ ,  $P_2$ 及び $P_3$ は異なる順位のビームの各々一つを別の補助ビームに分割する。これらの補助分割はX方向とY方向との両方に影響される。(0,0)と等しい全ての組み合わせ順位 $(a,b)_x$ ,  $(a,b)_y$  (ここで $a$ はマスク格子の順位であり、 $b$ は基準板格子の順位である)が、相当する基準マスク格子に対する付随する基準板格子のそれぞれX方向及びY方向における調整の程度についての情報と、理想的焦点合わせ平面に対する基準板格子のZ位置の偏差についての情報とを具えている。本発明によると各格子部分に対して個別の検出システムがある。12個の検出システムが図8に示してあり、その図は格子 $P_1$ ,  $P_2$ 及び $P_3$ を平面図で示している。このとき映像倍率と映像回転とが最良の方法で測定され得るので、これらの格子は好適に投影レンズシステムの映像視野の縁に置かれ、その縁は破線BLで表してある。更にその上図8は標定の目的のための二つの格子印 $P_{1,1}$ と $P_{1,2}$ とを示しており、それらの印は上に一つのマスク映像が形成される製造基板の範囲を調整するために用いられる。検出システムは $DE_1 \sim DE_{12}$ により表されており、検出システム $DE_1$ ,  $DE_2$ ,  $DE_3$ 及び $DE_4$ は格子 $P_1$ に関連しており、それぞれ+X, -X, +Y及び-Y方向に偏向された放射線を受け取るために用いられる。同様に、検出システム $DE_5 \sim DE_{12}$ は格子 $P_2$ に関係しており、また検出システム $DE_{11} \sim DE_{12}$ は格子 $P_3$ に関係している。

【0115】図9は、一つの方向、例えばX方向に対する、一つの格子、例えば格子 $P_1$ に関係する二つの検出システムを示している。他の方向即ち、Y方向に対する二つの検出システムと二つの他の格子の各々に対する4個の検出システムとは図9の検出システムと同じである。本発明によると検出システムは放射線高感度検出器、例えばフォトダイオード $DT_1$ と $DT_2$ とを具えるのみならず、単純化のために単一のレンズによって図解されているレンズシステム $L_1$ と $L_2$ をも具えている。それぞれ絞り板 $DF_1$ ,  $DF_2$ が検出器の前方に配設されている。レンズ $L_1$ により形成される格子 $P_1$ の映像は検出器 $DT_1$ の放射線高感度表面を正確に覆うことが保証された。絞り板 $DF_1$ が

その格子の付近からの放射線が検出器 $DT_1$ へ到達しないことを保証する。検出器 $DT_1$ の出力信号が充分な信号対雑音比を有することがこれにより達成される。この検出方法は、その既知の装置では放射線が基準板により発散的に散乱され、且つ一つの検出器が投影レンズシステムの全体映像視野から生じる放射線を受け取り得る。SPIE学会誌Vol.633, Optical Microlithography V (1986)106~112 頁及びSPIE学会誌Vol.922, Laser Microlithography (1988), 366 ~ 375 頁の論文に記載されている映像検出装置に用いられている検出方法と異なっている。

【0116】基準板の平面と検出器 $DT_1$ により捕捉されるビーム $b_1$ の主光線との間の角度 $\beta$ が投影レンズと基板台との間の有効な空間により決定される。映像検出装置の一実施例では、この角度は大体 $12^\circ$ である。ビーム $b_1$ の開き $(\sin \alpha)$ は約0.05である。レンズ $L_1$ は約 $1/4$ の倍率と約10mmの焦点距離と、約5mmの直径とを有している。格子 $P_1$ の中心とレンズ $L_1$ の第1主面との間の距離 $d_1$ は約50mmであり、レンズの第2主面と検出器との間の距離 $d_2$ は約12.5mmである。

【0117】反射格子 $P_2$ により形成される異なる回折順位の補助ビームは格子面の垂線に対して異なる角度で格子を退去し、大きい反射角ほど高い回折順位に関連する。

【0118】検出システム $DE_1$ は小さい開きを有するので、放射線の最大可能量は $(\beta - \alpha/2)$ と $(\beta + \alpha/2)$ の間の角度以内で反射されることが保証されなくてはならない。一つ以上の組み合わせ順位がこのときこの検出システムへ入り得る。投影ビームの波長を考慮している間に、検出器 $DT_1$ 上の放射線の量がその格子パラメータの適当な選択により最大化され得る。これらの格子パラメータは格子周期 $P_1$ と、比率 $W_1/P_1$ と、格子縞GSの深さあるいは高さ $h$ と、及び格子縞の形状と、である。

【0119】格子縞の形状の適用はこれらの縞の壁が図10に示したように角度 $\beta$ あるいは角度 $\beta$ に近似した角度で放射線を反射するような角度 $\gamma$ でこれらの縞の壁が傾けられることを意味する。格子縞の壁の急峻さの代わりに、または格子縞の壁の急峻さと組み合わせで、他の格子パラメータが特定の組み合わせ順位が角度 $\beta$ で回折されるように、一方これらの順位での強度が他の順位での強度を犠牲にして増幅されるように選択され得る。

【0120】放射線が回折される角度をも決定する他の格子パラメータの一つは格子周期であり、格子周期が小さいほど格子面上の垂線と異なる回折順位の主光線との間の角度が大きくなる。本発明によると、格子周期は製造照明の間に投影レンズシステムにより投影されなくてはならない映像の細部(線幅)の寸法に適用される。異なる映像パラメータが今や製造目的物に対する大きい拡がりに相当する基準目的物によって決定されるので、これらの測定は非常に正確であり信頼できる。上述の適用

によって一旦格子周期が決定されると、角度 $\beta$ における必要な回折が他の格子パラメータの適切な選択により実現され得る。角度 $\beta$ が約 $12^\circ$ であり、レンズ $L_1$ が約 $10\text{mm}$ の焦点距離と約 $0.05$ の開きとを有する映像検出装置の一実施例では、その格子は約 $0.84\mu\text{m}$ の周期 $p_1$ と約 $0.21\mu\text{m}$ の格子縞幅とによる真っ直ぐな格子縞を有する。この格子は、それが投影ビームに対して、 $365\text{nm}$ の波長でと $248\text{nm}$ の波長でとの両方で用いられ得るという利点を有する。 $365\text{nm}$ の波長においては $(+1, +1)$ 及び $(0, +2)$ 順位で回折された放射線が検出器へ到達する。 $248\text{nm}$ の波長においては、それは $(0, +3)$ 、 $(-1, +4)$ 、 $(+1, +2)$ 、 $(0, +4)$ 及び $(+1, +3)$ 順位で回折された放射線である。

【0121】特に $248\text{nm}$ の波長を有する深い紫外線のような非常に短い波長の放射線が用いられる場合には、フォトダイオードのような既知の放射線高感度検出器は映像検出装置に用いるためにはすぐには適していない。この種類の放射線に特に感じ易く且つ他の放射線には低い感度を有する検出器が使用されなければならない。本発明によると、ルミネセンスの板 $LP_1$ 、 $LP_2$ が各検出システム $DE_1$ 、 $DE_2$ その他に配設され、その板は短波投影放射線を普通の検出器がそれに対して感じ易い長い波長の放射線へ変換する。

【0122】短波投影放射線のその他の態様は、それが弗化クリプトンレーザーのようなパルス化されたレーザーにより供給されるので、測定が例えば $20\text{nsec}$ のパルス期間を有する短い放射線パルスの間にのみ行われことが信頼性のために保証されなければならない。本発明によると、投影レーザーパルスと測定との電子的同期がこの投影装置においては成し遂げられる。図11はこの同期の原理を示している。参照符号TBはそれに沿ってパルスPの系列が映像検出過程の間通過するパスを表している。これらのパルスはこのレーザーを点火するようにレーザーLAへ印加されるので、レーザーは投影レンズシステムPLと基準マスクとを介して基板台上的基準板RPへ短い放射線パルスを送る。 $\lambda$ の記された線が、レーザーへ結合された波長測定装置により測定された値がコンピュータのメモリME<sub>1</sub>へ送られ且つ記憶されることを示し、そのコンピュータが全ての測定信号を処理する。単位時間当たりのパルスの数が装置PD内で二倍された後に、これらのパルスが、パルス期間中に測定された位置と方位のみが第2メモリME<sub>2</sub>内へ通過し且つ記憶されることを保証するように、基板台位置検出装置IFへ印加される。この基板台位置検出装置IFは基板台とこの基板台上的基準板とのX、Y及びZ位置と、Z軸の回りのその回転との両方を決定できる。しかしながら、Z位置はそれへパルスP、 $\lambda$ が印加される焦点誤差検出装置FDによっても供給され得るので、パルス期間中に測定されたZ値はコンピュータのメモリME<sub>2</sub>内へ通過し且つ記憶される。検出システム $DE_1$ 、 $DE_2$ を具えている映像検出装置ISの信号はパルス制御されるサンプルアンドホールド回路SA

へ印加されるので、映像検出装置ISからの信号はパルス期間の間だけ中央コンピュータのメモリへ通過し且つ記憶される。

【0123】このパルス周波数と使用されるパルス期間とにおいては、信号処理のために交流連結増幅器の代わりに直流連結増幅器が使用されなければならない。信号対雑音比を増大するために、レーザー放射線が好適にパルスP、間の時間間隔内にも測定され、パルス期間中の測定値がパルスの間の時間間隔中の測定値と比較される。

【0124】基準板印が最良調整位置を決定するように動かされた場合には、この映像検出過程ではパルス期間の間のみ信号が受け取られるので、得られる信号はX、Y、Z、 $\phi$ ；検出装置の不正確さ及びサーボシステムとは無関係である。

【0125】これらの装置により供給される信号は、3個の基準板印と3個のマスク印とのX、Y及びZ位置についての情報を具えているので、12の自由度の全部が測定される。

【0126】全部の検出装置が同じ基準板上で同時に測定するので、これらの装置は一緒に結合されている。

【0127】検出システム $DE_1$ 、 $DE_2$ は、図12aに示したように、投影レンズシステムPLの低部へ固定されている円環状保持器HOD内に配設されている。図12bはこの円環状保持器HODの断面図である。この保持器は中に溝 $V_1$ 、 $V_2$ が正確に決められた位置に存在し且つ正確に決められた形状と寸法とを有する固体本体であってもよい。検出システムがこの保持器内へ挿入された場合には、検出システムは既に最大程度に調整されており、修正される必要がないか、又は投影装置の組立の間に少しの程度修正されるのみでよい。

【0128】基準板上とマスク上の3個の二次元格子印と、各格子印に対する4個の検出器とを用いる場合には、12個の装置パラメータ、即ち自由度が原理的には測定され得る。実際には投影装置内の9個のパラメータが重要であるので、測定には所定の冗長度がある。測定されるパラメータは、X、Y及びZ方向での投影放射線によりこの投影レンズシステムにより形成された映像の位置と、X、Y及びZ軸の回りのこの映像の回転とである。これらの位置と回転とは基板台に関して測定され、一方基板台位置検出装置により限定される座標のシステムは、映像検出装置に対する照合を構成する。Z軸の回りの回転は映像自身の面内の映像の回転である。X軸及びY軸の回りの回転はそれぞれY軸及びX軸に沿った映像の傾斜を表す。

【0129】投影光により形成される映像の傾斜についての、映像検出装置により供給される情報は、新奇な世代的投影装置内に建造される傾斜検出装置を校正するために用いられ得て、その装置は投影放射線以外の放射線により動作し、且つその装置の動作はオートコリメータ

10

20

30

40

50

一の原理に基づいている。

【0130】映像の位置、回転及び傾斜についての情報に加えて、映像検出装置は映像品質における変化、特に、投影ビームの波長の変動及び空気圧、温度その他のような周囲パラメータの変動によって起こる、倍率、非点収差及び三次歪みについての情報をも供給する。更にその上、周囲パラメータにより起こる視野の曲率と非点収差の変化とは一定の関連性を有するので、視野の曲率を非点収差から得ることができる。

【0131】検出器 $DT_i$ の信号は基準板印 $P_i$ に関するマスク印 $M_i$ の映像のX位置についての情報を具えているが、この映像のZ位置についての情報も具えている。独立したX位置信号とZ位置信号とは単一の信号検出器 $DT_i$ では得られない。検出器 $DT_i$ の信号内にはZ位置に依存する寄与（又はX位置に依存する寄与）が検出器 $DT_i$ の信号内のこの寄与と異なる符号を有し、一方これら二つの信号内のX位置に依存する寄与（又はZ位置に依存する寄与）は同じ符号を有するので、X位置（又はZ位置）についての独立した情報はこれら二つの検出器信号を加算することにより得ることができ、Z位置（又はX位置）についての独立した情報は、これら二つの検出器信号を減算することにより得ることができる。マスク印 $M_i$ の映像のX位置を決定するために、基準板が一定ZでX方向に動かされ、検出器 $DT_i$ 上の放射線の強度がその移動の関数として測定される。かくして得られた強度—移動の曲線の位相を基準曲線と比較することにより、X位置が得られる。焦点合わせ（Z位置）を決定するために、基準板が一定XでZ方向に動かされ、再び強度が移動の関数として測定される。かくして得られた強度—移動の曲線も再びそれからZ位置 $Z_{i,j}$ が続く基準と比較される。 $Z_{i,j}$ がX方向での印 $P_i$ の位置での焦点合わせ誤差についての情報を与える。同様に位置信号 $Y_i$ と焦点誤差信号 $Z_{i,j}$ が検出器 $DT_i$ と $DT_i$ との信号から得ることができる。マスク印 $M_i$ の映像のX及びY位置はかくして、基準板印 $P_i$ の位置でのX及びY方向の焦点合わせ誤差、従ってまた映像の非点収差と同時に知られる。

【0132】同じ方法で、位置信号 $X_i$ と $Y_i$ 及び焦点誤差信号 $Z_{i,j}$ と $Z_{i,j}$ は基準板印 $P_i$ に関連する検出器 $DT_i$ 、 $DT_i$ 、 $DT_i$ 及び $DT_i$ の信号から得ることができ、一方位置信号 $X_i$ と $Y_i$ 及び焦点誤差信号 $Z_{i,j}$ と $Z_{i,j}$ は印 $P_i$ に関連する検出器 $DT_{i,1}$ 、 $DT_{i,2}$ 、 $DT_{i,3}$ 及び $DT_{i,4}$ の信号から得られる。映像中の3個の印のX、Y及びZ位置はこのとき知られるから、投影放射線で投影レンズシステムにより形成される全映像のX、Y及びZ位置 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 及び $P_{1,3}$ も知られる。

【0133】原理的には $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 及び $P_{1,3}$ も、一つの格子印、例えば $P_i$ に関連する4個の検出器、例えば $DT_{i,1}$ 、 $DT_{i,2}$ 、 $DT_{i,3}$ 及び $DT_{i,4}$ の信号のみによっても決定され得ることは注目されるべきである。これらの検出器も全体映像の非点収差ASについての情報を既に与える。

この位置情報は3個の印を測定した場合に得られる情報ほど正確ではないが、事情によっては充分に使用できる。

【0134】付随する基準板印に関する3個のマスク印の映像の位置が知られた場合には、映像面 $\phi$ 、及び $\phi$ 、即ちX及びY軸の回りの3個のマスク印を通る面の傾斜は、それぞれ3個のX及びY方向での映像位置を比較することにより決定され得る。

【0135】Z軸の回りの投影映像の回転は異なるマスク印映像のX及びY位置で反対の変動を生じる。映像回転はそれ故にマスク印映像のX及びY位置を比較することにより決定され得る。

【0136】それぞれX及びY軸での倍率誤差MEの場合には、第1マスク印、例えば $M_i$ の映像は第2マスク印、例えば $M_j$ の映像に関してそれぞれX方向及びY方向での反対の感覚で動かされる。倍率誤差はX及びY方向でのこれらの位置偏移を比較することにより決定され得る。

【0137】3個の基準板印が投影レンズシステムPLの光軸から異なる距離に置かれている場合には、三次歪み即ち放射状歪み $D_i$ は3個の印の全ての位置情報を比較することにより決定され得る。印が光軸から等しい距離に置かれている場合には、三次歪みは基準として基板台位置検出装置の情報をを用いることにより決定され得る。

【0138】9個の関連するパラメータ $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ 、 $\phi_i$ 、 $\phi_i$ 、 $\phi_i$ 、ME、AS及び $D_i$ が確かに測定され得ることが先に示されていることは注目されるべきである。検出信号それら自身の処理は、これら検出信号を基準値と比較する中央コンピュータを用いて、実際には種々の方法で実行され得る。測定された信号曲線をコンピュータ内に記憶された基準曲線と比較する、いわゆる曲線あてはめ手順がこのとき好適に用いられる。この比較の結果が投影装置の種々のサーボ装置に対する制御信号を生み出す。そのときそれは投影品質に影響する全てのパラメータ、即ち検出信号からを除いて周囲温度、投影ビームの波長、機械的ドリフト、正確に知られるべきその他に対しては必要なく、コンピュータが投影レンズシステムにより形成された映像が正しくなく、それで種々のサーボ装置に対する調節信号と、波長、投影レンズ内のガス圧力と温度その他のような装置パラメータに対する制御信号とを発生することを、全ての影響するパラメータが組み込まれているモデルを介して確かめ得るので、投影された映像の位置と品質とが最良化される。

【0139】既知の映像検出装置と比較されるように、本発明による検出装置は特に次の利点を有する。

映像視野の3個の異なる点において且つX及びY方向同時に測定することにより、測定回数が6の係数で減少され、一方幾らかの回数測定されるX及びY位置と非点収差のようなパラメータの精度が平均によって増強され、且つ映像回転、倍率及び三次歪みのような、映像視野内の多数の点で達成されなくてはならないパラメータ

の測定が基板台位置検出装置、波長測定装置及び焦点誤差検出装置の不正確さに影響されない。

- 基準板の各格子印が関連する検出器上に正確に映像されるので、正しい方向に回折された全ての放射線が受け取られ、一方そのような格子の周囲からの放射線は受け取られないので、信号対雑音比が発散的に散乱する放射線が用いられる検出装置よりも良好であり、且つその上に、各検出器が関連する格子からのみ放射線を受け取るので、複数の格子上で同時に測定することができる。

- 各格子印に対して及び方向X及びYの各々に対して2個の検出器が設けられ且つコヒーレント検出が実行され、測定への投影ビームの強度変化の影響が無視される。

【0140】本発明による映像検出装置の別の重要な利点は、一層急速に測定及び修正が可能なばかりでなく、一層正確に測定及び修正が可能なことである。その波長が遠紫外線領域である、例えば248nmの投影ビームによる投影装置では、X及びY方向で大体5nmの不安定性を測定することが可能であり、Z方向で大体50nmの不安定性を測定することが可能である。影響するパラメータそれぞれ自身が測定されかつ基準値と比較される投影装置では、温度、波長、マスクのZ位置及び空気圧がそれぞれ0.015°K、0.5pm、0.15μm及び0.5mbarの精度で測定されなくてはならない。これらの測定精度を達成することが全く可能な場合には、この目的に対して非常に高度に洗練された測定技術が用いられ得る。更にその上、測定された値は投影レンズシステムの収差へ変換され得て、この場合このシステム内に不均一性が生じないことが一層必要である。更に、投影装置内の機械的ドラフトはこのとき考慮されていない。

【0141】図13はサーボ装置と投影装置内に用いられるそれらの結合とを示している。箱で表した異なる装置間の単一接続線は既知の投影装置にも存在する。これらの箱は、LAは放射線源、例えばレーザー、LWCはレーザー波長制御装置、ILSは照明システム、MTはマスク台、MAZはマスク台のZ位置をチェックする装置、PLは投影レンズ、PLTCは投影レンズの温度を制御する装置、ALIは調整放射線により形成された映像、IFは基板台位置検出装置、FDは焦点誤差検出装置、AS<sub>1</sub>(AS<sub>2</sub>)は単一の(二重の)調整装置、を表している。この投影装置内に配設され、且つ破線で表された特別補助システムはELIは投影放射線によって形成された映像、ISは映像検出装置、及びICは映像校正装置即ちコンピュータ、である。二重接続線は映像検出装置を用いる場合に処理される特別信号を示す。これらの信号は、

- 基板台位置検出装置IF、波長監視装置LWC及び焦点誤差検出装置FDの信号であって、それらの信号は映像検出装置へ印加される信号、

- 投影放射線によって形成される映像の映像情報信号、

- レーザー波長制御装置LWCと、マスク高さチェック装置MAZと、投影レンズ温度制御装置PLTCと、焦点誤差検出装置FD、及び調整装置AS<sub>1</sub>(AS<sub>2</sub>)、へ印加される映像校正装置の信号、である。投影装置は1個またはそれ以上の下記の装置を具えてもよい。

- 投影レンズシステム内の圧力を制御するための装置(PLPC)

- 投影レンズシステム内の媒体の構成を制御するための装置(PLGM)

10 - レンズ要素間の相互距離を制御するための装置(PLDC)

これらの装置PLPC、PLGM、及びPLDCは装置PLTCと同様に装置ICから制御される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は基板上へマスクパターンを反復的に投影するための装置の一実施例を図式的に示している。

【図2】図2は二次元格子の形態での調整印の既知の態様を示している。

20 【図3】図3は製造基板に対して製造ルミナンスを調整するための二重調整検出装置を示している。

【図4】図4は焦点誤差検出装置と、基準板と基準マスクとが組み込まれている投影装置の基板台位置検出装置とを示している。

【図5】図5は投影装置を断面図で示している。

【図6】図6は標準基板の形態での基準板を示している。

【図7】図7aは基準板格子印の一実施例を平面図で示しており、図7bは前記格子印の一部分を断面図で示している。

30 【図8】図8は基準板格子印と付随する検出システムとを図式的に示している。

【図9】図9は放射線高感度検出システムの詳細を示している。

【図10】図10は基準板格子印のもう一つの実施例の一部分を示している。

【図11】図11はパルス化されたビームが用いられる投影装置の異なる検出装置の同期回路を示している。

40 【図12】図12aは投影レンズシステムの低部へ固定されている円環状保持器を示す斜視図であり、図12bはその円環状保持器の断面図である。

【図13】図13は投影装置の異なるサーボ装置とそれらの装置間の結合との回路図を示している。

【符号の説明】

1, 1' 放射線源

2, 2', 14 ビーム分割器

3, 3' λ/4板

11, 12 プリズム

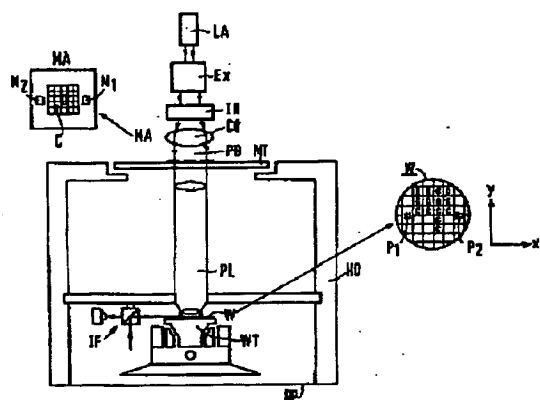
13 放射線高感度検出器

15, 16, 22 レンズ

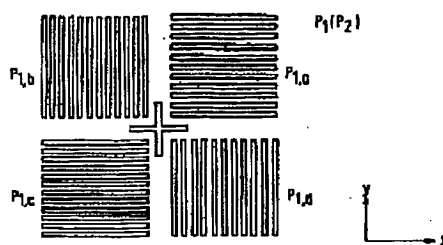
50 25 修正レンズ



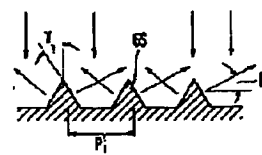
【 図 1 】



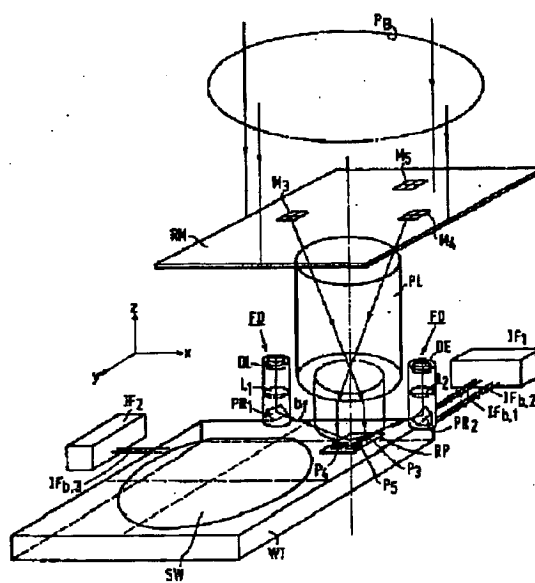
【 図 2 】



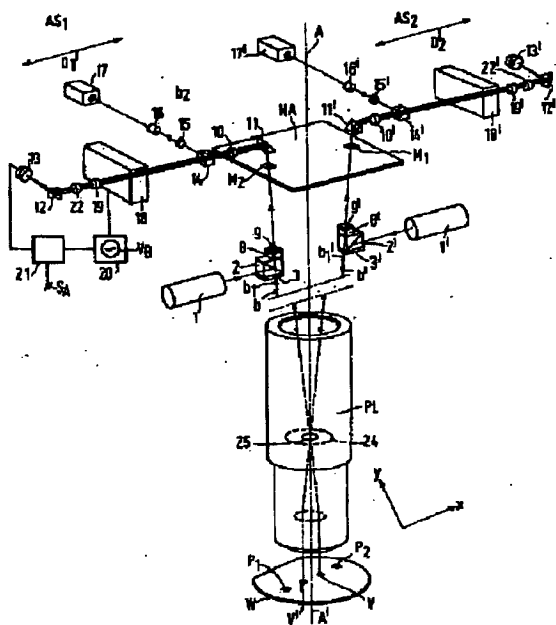
【 図 10 】



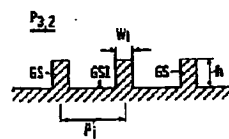
【 図 4 】



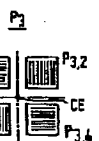
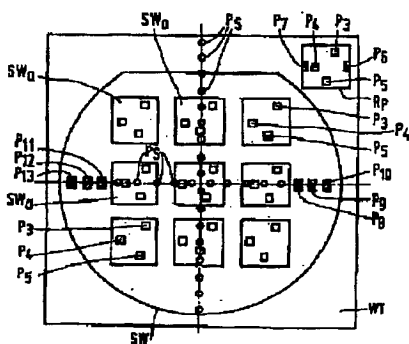
【 図 3 】



【 図 7 】



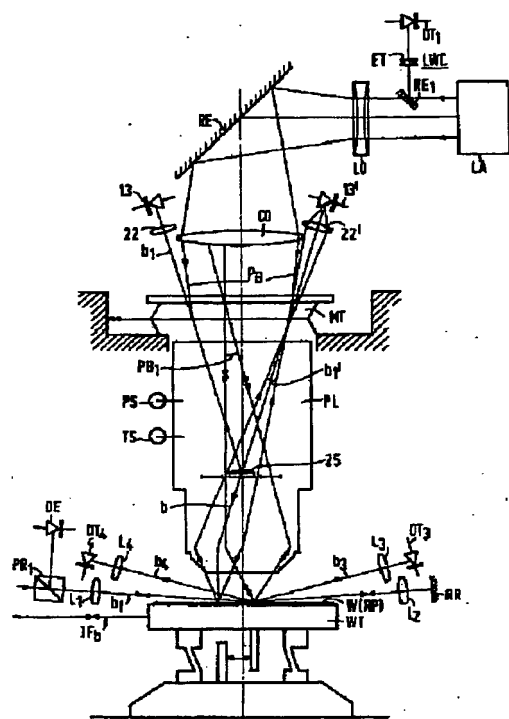
【 図 6 】



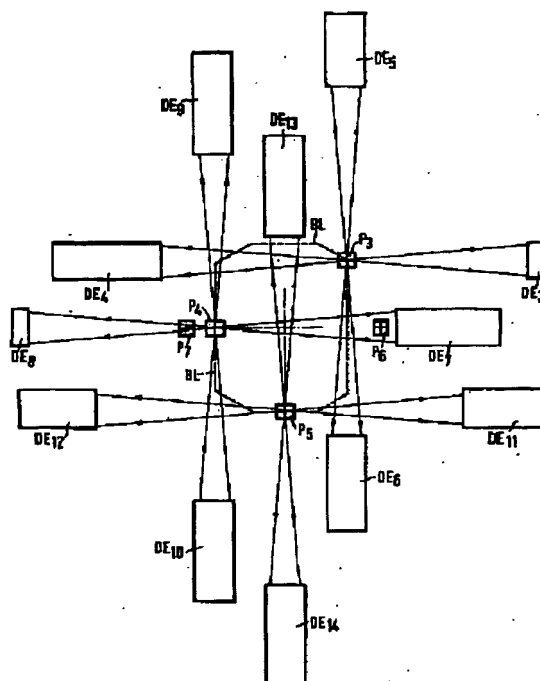
7a

7b

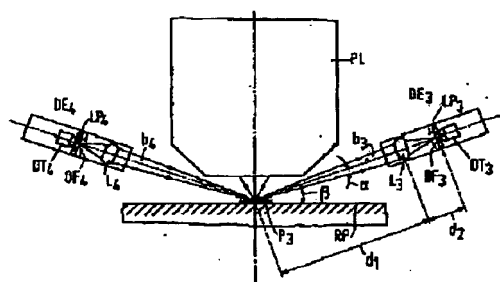
【図5】



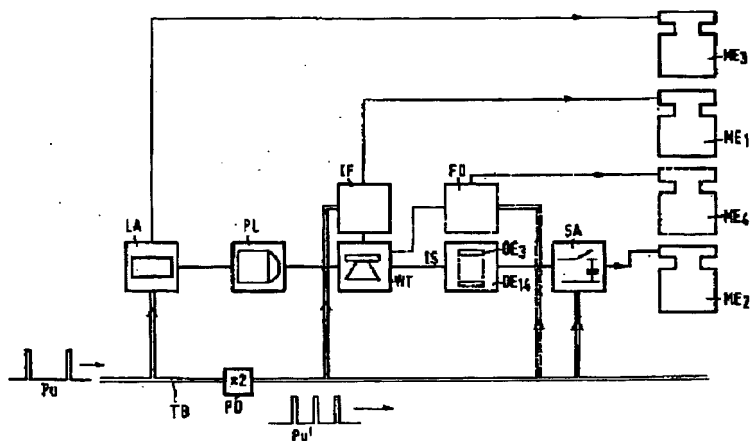
【図8】



【図9】



【図11】





フロントページの続き

(72)発明者 マリヌス アルト ファン デン ブリン  
ク

オランダ国 5 5 0 3 ハーエヌ フェル  
ドホフェンメイエレイウェッハ 1 5

(72)発明者 テオドルス アルト ファーネル

オランダ国 5 5 0 3 ハーエヌ フェル  
ドホフェンメイエレイウェッハ 1 5